

Válasz

Dr. Mindszenty Andrea

MTA doktora

Opponensi véleményére

Tisztelettel köszönöm Dr. Mindszenty Andreának, mindenre kiterjedő és építő szándékú bírálatát. Hálás vagyok az eredményeim méltatásáért, kedvező értékeléséért, javaslatáért a dolgozat nyilvános vitára történő bocsátásáról.

Válaszok a bíráló kérdéseire megjegyzéseire

(dőlt betűkkel szedve szerepelnek a bírálatban leírtak, megfogalmazottak)

Az „Irodalomkezelés” fejezetben a bíráló megjegyezte, hogy a *„témakörben kéziratossági jelentések formájában, különféle intézményeknél lappangó értékeket”* nem említi a dolgozat, kiemeli dr. Oravecz János és dr. Horváth Zoltán nevét.

Disszertációmban – a dolgozat kötött terjedelmi korlátai miatt – kutatástörténeti áttekintés fejezetében a kéziratossági jelentések nem szerepelnek, számos hazai és nemzetközi szakirodalmat sem tudtam részletesen bemutatni.

Az édesvízi mészkő szinonimájaként a „travertino” kifejezés és nem a „travertin” kifejezés használatát ajánlja.

Dr. Mindszenty Andrea javaslatával egyetérték, hogy a travertino kifejezés a szó eredetét tekintve, nyelvészeti szempontból és geológiai értelemben megfelelőbb. A műszaki földtanban (mérnökgeológiában), építőiparban azonban a travertin kifejezés az elfogadott, mivel MSZ 18281 számú magyar szabvány Betonok, Habarcsok, Építési Anyagok c. kötet (294 o.) a forrásvízi mészkő szinonimájaként travertint (és nem travertinot) használja. A dolgozat témája a műszaki földtanhoz, az építőiparhoz kapcsolódik szorosan, emiatt dolgozatomban következetesen travertin kifejezést használtam.

A 9. oldalon szereplő „expoziós idő” helyett a „kitettség” használatát javasolja a Bíráló.

Véleményem szerint a kitettség a köelem égtájak/csapadék ráhullás szerinti elhelyezkedését jelenti. Az expoziós idő kifejezés többjelentést is hordoz. A fogalom tartalmazza azt is, hogy a beépítést követően az adott köelemet hány éven át érték a hatások.

A 15. oldalon található Magyarországi helyszínek klíma- és légszennyezettségi adatait bemutató 5.3. táblázatában az Opponens javasolja a fagyos napok számának feltüntetését.

A táblázatban ezt az adatot nem tüntettem fel, de a táblázat alatti szövegben szerepel az, hogy évente 73 és 83 fagyos nap van.

A 18. oldalon található 5.4. ábra, a budapesti levegő szennyezettségét szemléltető két térkép 1991-es adatokat ábrázol és célszerűbb lett volna összehasonlításul a jelenlegi adatok eredményeit figyelembe venni.

Az 5.4. ábrán azért régebbi, 1990-es mérési (és nem mostani) adatok szerepelnek, mert akkor még a mészkövek mállása szempontjából fontos SO_x és ülepedő por vonatkozásában jelentősebb légszennyeződés volt, amely napjainkban a különböző korlátozások miatt lényegesen csökkent. A jelen időszak budapesti légszennyezési adatait, a trendek kiemelésével, a dolgozat 15. oldalán mutatom be. A múltbeli, nagyobb koncentrációjú légszennyezés azért tartottam célszerűbbnek ábrázolni, mert az intenzívebb mállást okozott, hozzájárulva az évszázados idő óta beépített kőzetek a gyorsabb mállási kéreg képződéséhez. Ez a trend más városokra is jellemző, ahogy az a disszertációban is szerepel: a londoni St. Paul katedrálison mérésekkel igazolták, hogy a levegő minőség javulásával a mállási folyamatok lelassultak (Trudgill et al. 2001). Fontos kiemelni még, hogy a kőzetek az egykor „megtapasztalt” szennyeződésekre „emlékeznek” (Smith et al. 2010) és a tönkremeneteli folyamataik a múltbeli szennyeződéseket tükrözik.

A 44-47. oldal: Érdekes lett volna, ha a Citadella falát alkotó kövek felmérése alapján készített állapot-térképet módszertanilag összeveti pl. a Fitzner et al. által a kairói El-Merdani mecset faláról publikált (az övéhez nagyon hasonló) térképeivel (Fitzner et al. 2002) és kiemeli, hogy a kairói esettanulmányhoz használt kategorizálástól mennyiben tért el az általa, a klimatikusan alapvetően különböző helyzetben lévő Citadellára adaptált kategorizálás.

A Citadella mállási térképének elkészítésekor, ahogy azt a dolgozat is említi, a Fitzner et al. (1995), Smith et al. (1992) és az ICOMOS (2008) mállási kategóriát használtam (24. o.). Az irodalomban is bemutatott mállási kategóriákat a hazai adottságokat figyelembe véve a pontosabb besorolás kedvéért módosítottam, finomítottam. Az irodalomban ismertetett osztályozáson túl, a mállási kérgeket vastagságuk szerint is osztályoztam. Fitzner et al. (2002) publikációjában a mállási jelenségeket a mállás mértéke (súlyossága) alapján 5 mállási kategóriába azon belül 7 eltérő intenzitású formába sorolták, mely hasonlít a Citadella kőanyagainak vizsgálatánál bemutatott mállási osztályozáshoz. Kairóban (pl. piramisok) akár 50 cm-es felületvesztést is dokumentáltak, ilyen mértékű felületvesztés nálunk nem jellemző. Így Kairóban és Budapesten más kategóriákat kell használni. A felületvesztés mélysége és az adott kőelemről levált felület százalékos aránya alapján hazánkban célszerűbb a 7 fokozatú mállási osztály bevezetése (ld. 44. oldal 8.3. táblázat), amely finomabb osztályozást tesz lehetővé. Fitzner et al. 2002 cikke azt is hangsúlyozza, hogy Kairóban a sók közül, a NaCl volt nagy mennyiségben jelen, amely a mészkövek jelentős pusztulásához vezetett. Hazánkban a NaCl nem annyira jellemző. A kiváltó folyamatok és a mállás mértéke is eltérő Budapesten és Kairóban, ezért azonos alapelvek mentén, de hazánkban kissé eltérő kategorizálás alkalmazása célszerű.

Nem végzett-e (esetleg szeparált/mosott mintákon) olyan vizsgálatokat, amelyek a kérgék valamelyikében, a gipsz mellett esetleg dolomit jelenlétét is igazolhatták volna?

A 11. 3 táblázatban is látható, hogy a minták röntgendiffrakciós és termoanalitikai (DTA-DTG) vizsgálata alapján néhány mintában ki lehetett mutatni a dolomit jelenlétét. A kéreg felületén pásztázó elektronmikroszkóppal is lehetett dolomitot azonosítani (8.17. ábra).

Rodriguez-Navarro et al. (1997) munkatársai által a spanyolországi Jaen katedrálisáról származó mintákban autigén jellegű dolomitot mutattak ki, amelyhez hasonló dolomit jelenlétét az eddig elvégzett vizsgálatok alapján a hazai mintákban nem lehetett igazolni. A Budai-hegység geológiai felépítését figyelembe véve sokkal valószínűbb, hogy szél fújta dolomit por jelenik meg a mészkő felületeken. Azt is meg kell jegyezni, hogy sok vakolatnak dolomit az alapanyaga. Így az sem kizárható, hogy a dolomit szemcsék városi környezetben dolomit alapanyagú vakolatból is származhatnak. A dolomit szemcsék, mint potenciális Mg-források sem kizárhatók.

A Citadellán végzett megfigyelésekből arra következtet, hogy azt hogy a kövek felszínét borító kéreg leválásában a gipszkristályosodás, a jég, vagy egyszerűen a hőtágulás játssza a fő szerepet, azt elsősorban a kéreg vastagsága és vízáteresztő képessége szabja meg. Jó lett volna, ha itt egy kissé bővebben kifejti, hogy a feltételezett összefüggésben pl. a kéregvastagságnak mi a pontos szerepe!

A kéreg vastagsága a kéreg leválásában összetett szerepet tölt be. A legfontosabb a kéreg vízáteresztő képessége, amely a kéreg alatti zónába bejutó nedvesség mennyiségét szabályozza. A 8.4. táblázatban közölt adatokból látszik, hogy a mállási kéreg vízáteresztő képessége kisebb, mint az alapkőzeté, de az adott kéregtípuson (pl. vastag fehér kéreg) belül is nagymértékben változhat. Általában igaz, hogy a vastagabb kéreg nagyobb vízáteresztő képességű, mint a vékonyabb. Ennek oka az, hogy a vastag kéregben általában több mikro-repedés jelenik meg, mint a vékony kéregben. A kéreg leválását meghatározzák még a kéreg és alapkőzet mechanikai tulajdonságai is. Nem a kéreg szilárdsága, hanem az alapkőzethez viszonyított cementációja a meghatározó, mivel ez határozza meg, hogy a kéreg mennyire erősen „kötődik” az alapkőzethez. A kéregleválásban azonban a legfontosabb a kéreg felülete alatti, a kéreg felszínnel közel párhuzamosan futó repedések szerepe, amit a mállási formák vékonycsiszolatos vizsgálata is jól mutat (9.16. és 9.17. ábrák). A repedésekben a víz megfagyásával kialakuló jégkristályok és a kikristályosodó sók – elsősorban a gipsz – fejt ki hatását.

69. oldal 2. bekezdés 3. és 4. mondata: Lehet, hogy csak a fogalmazás teszi, de nem világos, miért jellemzőek „az anyagvesztéssel járó mechanikai formák a falfelület (csak?) közel harmadára”. A következő (4.) mondatban csupán arra ad magyarázatot, hogy ezeken a felületeken a por miért nem tapad meg, de az anyagvesztéses jelenség lokalizációjának okáról nem beszél.

Sajnálom a pontatlan megfogalmazást. A teljes bekezdés arra utal, hogy a ráeső csapadéktól közvetlenül védett D-i falon, kisebb felületen jelennek meg a fekete mállási kéreg (amelyek nem anyagvesztéssel járó mállási formák), mint a falfelület közel harmadán megtalálható mechanikai mállási formák. Az erősen kiemelt, szeles felületen a fekete mállási kéreg képződéséhez szükséges ülepedő por megtelepedése korlátozott.

69. oldal, 5. bekezdés a gipsz a fehér mállási kéreg esetében alul dúsul, míg a fekete kéreg esetében éppen az alsó részeken van belőle kevesebb. A jelenség magyarázatával adós marad!

A 69. oldalon a jelenség magyarázatát nem ismételt meg, mivel a jelenség magyarázata részletesen a dolgozat a 66. oldalán található. A fehér kéreg csapadéknak kitett felületeken

képződik. A fehér kéreg felületén keletkező gipsz visszaoldódik, amelyet az oldott kristályformák is jeleznek, így a fehér kéreg felületén a gipsz koncentráció kisebb. A csapadékvíz kéreg alá bejutásával, a víz szulfát tartalmának köszönhetően a gipsz a fehér kéreg alsó zónájában és a porózus alapkőzet határán dúsul (8.19. ábra). A fekete mállási kéregnél a tendencia ellentétes, mivel a fekete kéreg felszínén a gipsz koncentráció nagyobb (66. oldal és 8.20. ábra), ami azért lehetséges, mert a fekete kéreg közvetlen ráhulló csapadéktól védett helyen keletkezik, ahol a gipsz visszaoldódása nem jellemző. Erre utal az is, hogy a fekete kéreg esetén idiomorf gipsz kristályokat találunk (8.25. ábra).

A 9.2. ábrával kapcsolatos észrevételt köszönöm. A fűrőmagok átmérője 3,8 cm.

A 9.4 fejezet elején a 9.15. ábrával illusztrált jelenség érdekes hasonlóságot mutat egy a karbonátszedimentológiából ismert természetes jelenséggel, a kalkrét-képződéssel, ill. annak termékeivel (laminált kalkrét, pedogén mikritesedés stb). Szívesen venném, ha a Jelölt erről a feltűnő hasonlatosságról kifejtene a véleményét!

81. o. a lap tetején: Fenti gondolatmenet folytatásaként jelzem, hogy a kéreg felrepedezésének részfolyamatai is kitűnően analogizálhatók a karbonát szubsztrátumon kialakult meszes talajok felszínén megfigyelhető kalkrét-kéreg feltöredezésével és az ún. kalkrét-breccsák létrejöttével.

A durva mészkővön kialakuló kéregképződés megjelenésében hasonlít a kalkrét képződéshez. A két folyamat olyan szempontból is rokonságban van, hogy mindkét esetben másodlagosan kialakuló mikrokristályos karbonát képződik. A laminált kalkrét általában hullámos felületű, vékonyabb cementált zóna, amely leggyakrabban vastag, akár több tíz méteres vastagságot is elérő hardpan kalkrét rétegen jelenik meg (Goudie 1983, Tucker és Wright 1990). A durva mészkővön kialakuló mállási kéreg viszont sokkal kisebb mélységű átalakulást jelez. A kalkrét képződésben általában a növényeknek is jelentős szerep jut (elsősorban a gyökér zónának, Wright 1989, Alonzo-Zarza 2003), míg a mállási kéreg képződésében a növények szerepe nem jellemző. A mállási kéreg leginkább az alfa-kalkréthez hasonlatos. Az alfa kalkrétben a diagenezis során többszörös oldódási és átkristályosodási folyamatok követhetők nyomon, a szövete uralkodóan finomkristályos (Tucker és Wright 1990), ebben hasonlít a fehér mállási kéreghez, amelyekben szintén finomkristályos karbonát található. A kalkrétben megfigyelhető karbonát kristályok alakja és kristály lapjaik is kevésbé kifejtettek (Alonzo-Zarza 2003), ami hasonlóság a fehér mállási kéreghez. Szintén az alfa kalkrétekre jellemző a mikro-repedések megjelenése is, amelyeket száradási repedésként lehet értelmezni. A növények gyökérzete hatására breccsásodás is előfordul (Alonzo-Zarza 2003). Ilyen breccsásodás a mállási kéregből nem ismert, viszont a repedések kialakulása megfigyelhető.

87. oldal 10.2. („Mállási formák”) Az édesvízi mészkő mállási formái között kiemelten szól a kőzetfelület visszaoldódásáról, a mikrokarsztosodásról. Kérdésem: Mi a mélyebb oka annak, hogy a szarmata durvamészkő esetében ugyanez a folyamat vagy nem érhető tetten, vagy esetleg másként jelentkezik?

Az édesvízi mészkő és a durva mészkő porozitása és pórus eloszlása nagy eltérést mutat (7.2-7.4 és 7.8-7.9. ábrák). A csapadék és légköri nedvesség a durva mészkő felületre érkezve szinte azonnal beszívárog, és a kőzetfelület alatti részekre jut. Az édesvízi mészkő esetén azonban kisebb porozitása és zártabb pórus rendszerének köszönhetően, a csapadék és a légköri nedvesség leginkább a felületen fejt ki hatását. Ennek következtében oldási

folyamatokat, azaz mikrokarsztos jelenségeket mutat az édesvízi mészkő, míg a durva mészkőnél a csapadék oldó hatása nem csak a felületre korlátozódik. A csapadék beszivárgás és lefolyás összetett szerepére az is utal, hogy a durva mészkővön kialakuló fehér mállási kérgék – amelyek már kis vízáteresztő képességűek – felületén visszaoldott kristályokat tudunk megfigyelni pásztázó elektronmikroszkóppal (8.19. ábra).

95. o. Köszönöm a javaslatot: „Terepi megfigyelések” említése helyett talán szerencsésebb az épületeken végzett „helyszíni megfigyelések” kifejezés használata.

96. o. *Felhívja a figyelmet rá, hogy az édesvízi mészkő felületére ülepedett por S-izotóp aránya jelentősen eltolódik a nehezebb izotóp javára (+13,8‰) és a kéreg S-izotóp arányát a por és a könnyebb izotópban gazdagabb csapadékvíz kölcsönhatásának tulajdonítja, nem ad azonban választ arra, miből eredhet a légköri por-szennyezés anomális S-izotóp összetétele.*

A por-szennyezés eltérő kén stabil izotóp tartalma származhat a porban található, ahhoz köthető szénhidrogénekből és/vagy olaj származékokból, amelyek erősen pozitív ^{34}S értékekkel jellemezhetők (Thode 1991). A pontos eredet megadásához további, igen költséges vizsgálatokra lenne szükség.

112.old. alján: A gipsztartalom egyik lehetséges forrásaként az Észak-Afrikából származó por-szennyezést is megemlíti. Demonstratív lett volna, ha itt röviden kitér azokra a meteorológiai körülményekre, amelyeknek összejárása – bizonyos esetekben - az afrikai por jelenlétét eredményezi.

Az Észak-Afrikából, a Szaharából származó por nagyobb mennyiségben rendszeresen bejut Kárpát-medencébe. A legújabb kutatások szerint (Varga et al. 2013) - amelyeket még 2011-ben a dolgozat beadásakor nem publikáltak - 1979-2011 között legalább 130 alkalommal jutott el szaharai por az ország területére. A jelenség leggyakoribb a tavaszi hónapokban (áprilisi maximummal), de július és augusztus folyamán is több ilyen esemény került regisztrálásra. Az atmoszferikus cirkulációs rendszerek, amelyeknek köszönhetően a por a Kárpát-medence területére bejut, részben a nagyon száraz szaharai periódusokhoz köthető, de több esetben nem volt ezekkel összefüggésbe hozható a por beszállítódás (Varga et al. 2013). A por ásványos összetételében a kvarc mellett jelentősebb mennyiségben gipszet is ki tudtak mutatni (Szoboszlai et al. 2009). Ezzel jól összecseng, hogy a gipsz kristályok már a légkörben is – nem csak a kőzet felületén – megjelenhetnek (Engelbrecht és Derbyshire 2010), amelyre a dolgozat 112. oldalán is utaltam.

A téziseket elfogadom, mindössze a „B” téziscsoport B1 és B2 téziseit javasolnám egyetlen tézissé összevonni, hiszen lényegileg ugyanarról (a kőanyag és a kéreg ellenállóképességének alakulásáról) van bennük szó, csak egyik a szilárdság, a másik a porozitás felől közelíti meg ugyanazt a jelenséget.

A B téziscsoport a „A mészkő műemlékek kőanyag fizikai tulajdonságainak változása mállás hatására és a mállási kéreg leválási mechanizmusa” címen három tézist tartalmaz. A B1 tézis „Mállás hatására kialakuló kérgék és az alattuk található alapkőzet felületi szilárdsága jelentősen eltérhet” a felületi szilárdságra vonatkozik. Míg a B2 tézis „A mállás hatására a porozus mészkövek felületén olyan kéregzőna alakulhat ki, amely az alapkőzethez

viszonyítva kisebb porozitású és kevésbé vízáteresztő” pedig a porozításra és póruseloszlásra vonatkozik. A két külön tézisként történő megfogalmazás oka, hogy a két tézis két teljesen eltérő fizikai tulajdonságot ír le. A felületi szilárdság és a porozitás között van összefüggés, hiszen mindkét paraméter a kéreg cementációjától függ. Fontos azonban azt kiemelni, hogy a felületi szilárdság mérés technikája eltér a porozitás mérésétől. Mérésekkel igazoltam, hogy a porozitás a kéreg felülettől az alapkőzet irányába fokozatosan változik és a porozitás mellett a pórus eloszlás is eltér. A felületi szilárdság változást ilyen pontosan nem lehet nyomon követni.

Végezetül még egyszer köszönöm Dr. Mindszenty Andrea lelkiismeretes bírálatát és azt, hogy az dolgozat elfogadását javasolja.

Idézett irodalom

- Alonzo-Zarza, A.M. 2003. Palaeoenvironmental significance of palustrine carbonates and calcretes in the geological record. *Earth-Science Reviews*. 60, 261–298.
- Engelbrecht, J.P., Derbyshire, E. 2010. Airborne Mineral Dust. *Elements*, 6, 241-246.
- Fitzner, B., Heinrichs, K., 2002. Damage diagnosis on stone monuments – weathering forms, damage categories and damage indices. In: Prykrl, R., Viles, H. A. (eds) *Understanding and managing stone decay*. Prague, : Carolinum Press, Prague, 11-56.
- Fitzner, B., Heinrichs, K., Kownatzki, R. 1995. Weathering forms-classification and mapping. In: Snethlage, R. (ed) *Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung I*. Ernst and Sohn, Berlin, 41-88.
- Goudie, A. S. 1983. Calcrete. In: Goudie A.S., Pye, K. (eds) *Chemical Sediments and Geomorphology: Precipitates and Residue in Near Surface Environment*. Academic Press, London, 93-131.
- ICOMOS 2008. Illustrated glossary on stone deterioration patterns. Vergès-Belmin, V. (ed) *ICOMOS-International Scientific Committee on Stone, Atelier 30 Impressions*, Champigny/Marne, 79p.
- Rodriguez-Navarro, C., Sebastian, E., Rodriguez-Gallego, M. 1997. An urban model for dolomite precipitation: authigenic dolomite on weathered building stones. *Sedimentary Geology*, 109, :1-11.
- Smith, B.J., Whalley, W.B., Magee, R. 1992. Assessment of building stone decay: a geomorphological approach. In: Webster, R.G.M. (ed) *Stone cleaning and the nature and decay mechanism of stone. Proceedings of the International Conference*, Edinburgh, UK, Donhead, London, 249-257.
- Smith, B.J., Gomez-Heras, M., Viles, H.A. 2010. Underlying issues on the selection, use and conservation of building limestone. In: Smith, B.J., Gomez-Heras, M., Viles, H.A., Cassar, J. (eds) *Limestone in the Built Environment: Present-Day Challenges for the Preservation of the Past*. Geological Society, London, Special Publications, 331, 1-11.
- Szoboszlai, Z., Kertész Zs., Szikszai Z., Borbély-Kiss I., Koltay E. 2009. Ion beam microanalysis of individual aerosol particles originating from Saharan dust episodes observed in Debrecen, Hungary. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 267,. 2241–2244.
- Thode H.G. 1991. Sulphur Isotopes in Nature and the Environment: An Overview. In: Krouse, H.R., Grinenko V.A. (eds) *Stable Isotopes in the Assessment of Natural and Anthropogenic Sulphur in the Environment*. SCOPE 43, John Wiley, New York, pp. 1-26.

- Trudgill, S.T., Viles, H.A., Inkpen, R., Moses, C., Gosling, W., Yates, T., Collier, P., Smith, D.I., Cooke, R.U. 2001. Twenty-year weathering remeasurements at St Paul's Cathedral, London. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 1129-1142.
- Tucker, M.E., Wright, V. P. 1990. *Carbonate Sedimentology*. , Oxford,: Blackwell, Oxford, 482p.
- Varga Gy., Kovács J., Újvári G. 2013. Analysis of Saharan dust intrusions into the Carpathian Basin (Central Europe) over the period of 1979–2011. *Global and Planetary Change*, 100, 333–342.
- Wright, P.V. 1989. Terrestrial stromatolites and laminar calcretes: a review. *Sedimentary Geology*, 65, 1-13.

Budapest, 2013. február 2.

Török Ákos